

TEMA 9. LOS ORGÁNULOS CELULARES (II).

En este tema estudiaremos los orgánulos formados por doble membrana: mitocondrias, cloroplastos y núcleo. El origen evolutivo de todos ellos se explica a partir de la teoría endosimbiótica tal como vimos en el tema 6.

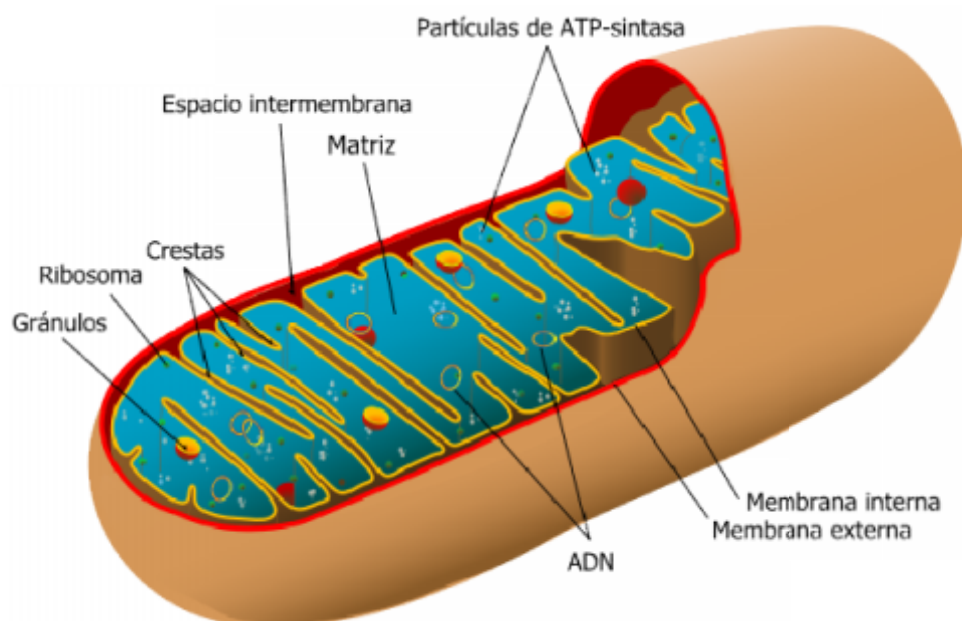
1. Las mitocondrias.

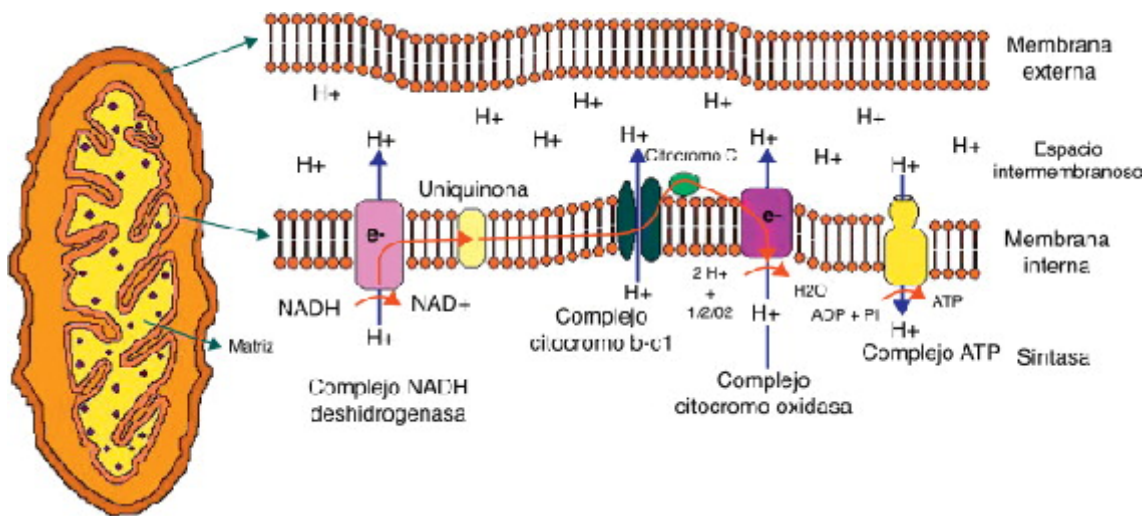
- Son los orgánulos en los que se consigue la mayor parte de la energía que requieren las células, hasta un 85% del total, y se encuentran tanto en células animales como en células vegetales.
- Sus dimensiones son similares a las de una bacteria, longitud entre 1 y 5 μm y diámetro de 0,5 μm .
- Su forma es variable: esférica, cilíndrica o alargada.
- El número depende de las necesidades energéticas de la célula y oscila entre 300 y 800.
- En su **estructura** distinguimos los siguientes componentes:
 - **Membrana mitocondrial externa.**
 - Formada por proteínas y lípidos al 50%.
 - Proteínas con actividad enzimática.
 - Gran cantidad de canales acuosos.
 - Elevada permeabilidad.
 - **Espacio intermembrana.**
 - Composición similar al citosol.
 - Contiene numerosos enzimas.
 - **Membrana mitocondrial interna.**
 - Se repliega siguiendo el eje menor formando crestas.
 - Gran proporción de proteínas de tres tipos:
 - Facilitan el transporte de metabolitos.
 - Forman la cadena transportadora de electrones.
 - Producen ATP (ATP sintetasa).
 - **Matriz mitocondrial.**
 - Es el espacio interno de la mitocondria formado por agua (50%), iones (calcio y fosfato) y enzimas.
 - Contiene ADN mitocondrial y mitorribosomas que aparecen libres o unidos a la membrana interna.

- Los enzimas intervienen en:
 - Replicación, transcripción y traducción del ADN mitocondrial.
 - Ciclo de Krebs.
 - Oxidación de ácido pirúvico procedente de la glucólisis que se realiza en el citosol.
 - β -oxidación de ácidos grasos.
 - Oxidación de cetoácidos procedentes de los aas.
- Su principal **función** es producir energía participando en determinadas fases de la respiración celular. Este proceso se estudiará en el siguiente tema.

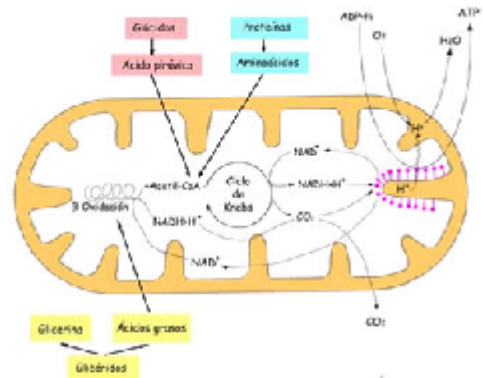
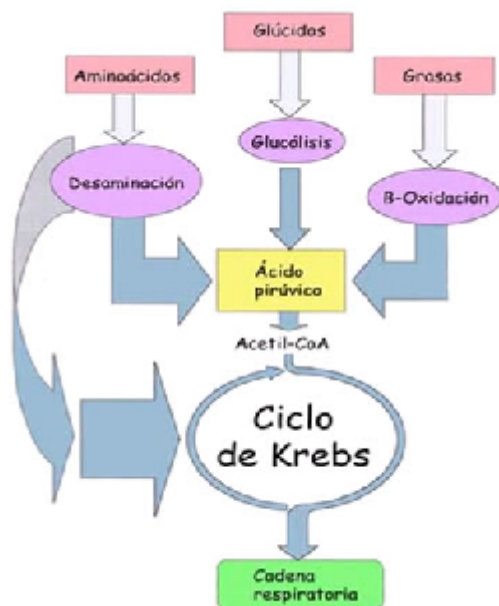


Microfotografía y estructura interna de una mitocondria





Estructura de la membrana mitocondrial interna. Cadena transportadora y síntesis de ATP.



Resumen del catabolismo y actividad mitocondrial.

- Muchas proteínas de las mitocondrias y de los cloroplastos están codificadas por el ADN nuclear. Son sintetizadas por los ribosomas citosólicos y posteriormente importadas al orgánulo.
- Sólo algunas están codificadas por el propio ADN y son sintetizadas por sus ribosomas.
- Hay un tráfico unidireccional de proteínas pues no se conoce ninguna proteína que sea exportada desde estos orgánulos al citosol.
- El funcionamiento de ambos se debe a la colaboración de dos sistemas genéticos diferentes: el del orgánulo y el del núcleo celular.
- Mitocondrias y cloroplastos no se sintetizan nunca *de novo*. Surgen por crecimiento y división de otros anteriores.

- La división se realiza por bipartición, debido a la invaginación de las membranas durante la interfase.
- Las semejanzas entre estos orgánulos y las bacterias son enormes:
 - ADN circular.
 - ARNt, ARNr y ARNm propios.
 - Sistema completo de transcripción y traducción.
 - Ribosomas similares a los bacterianos.
 - Mecanismo de reproducción por bipartición.
 - Semejanzas en el genoma (secuencias reguladoras básicas prácticamente idénticas a las bacterianas).
- Todo esto apoya, como ya sabemos, la teoría endosimbiótica que explica el origen de los distintos tipos de células eucariotas a partir de un procariota fagocítico de gran tamaño (urcariota).

2. Los plastos.

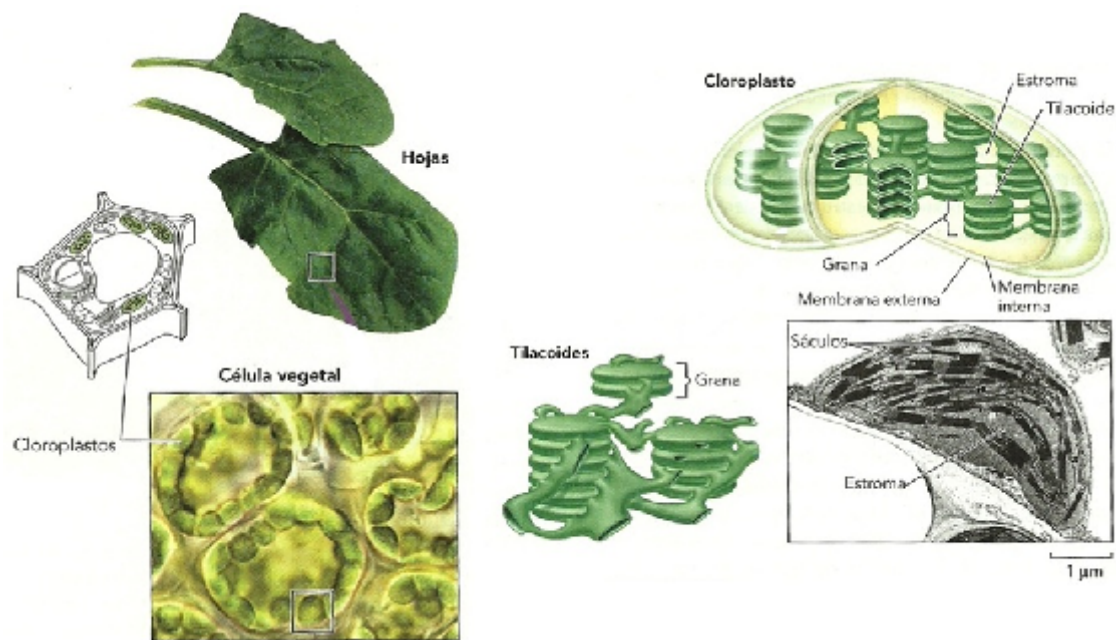
- Son orgánulos exclusivos de las células vegetales.
- Su función es sintetizar y almacenar sustancias.
- Todos poseen genoma propio y doble membrana.
- Distinguimos dos tipos:
 - Cromoplastos.
 - Almacenan pigmentos como clorofila (verde) o carotenos (amarillo, naranja, rojo – flores y frutos).
 - Los más importantes son los cloroplastos que desarrollan un sistema interno de membranas.
 - Leucoplastos.
 - Son incoloros.
 - Se localizan en los cotiledones, yemas foliares y algunas zonas de la raíz (tejidos no fotosintéticos).
 - Almacenan sustancias de reserva como almidón, aceites o proteínas (amiloplastos, oleoplastos y proteoplastos).

3. Cloroplastos.

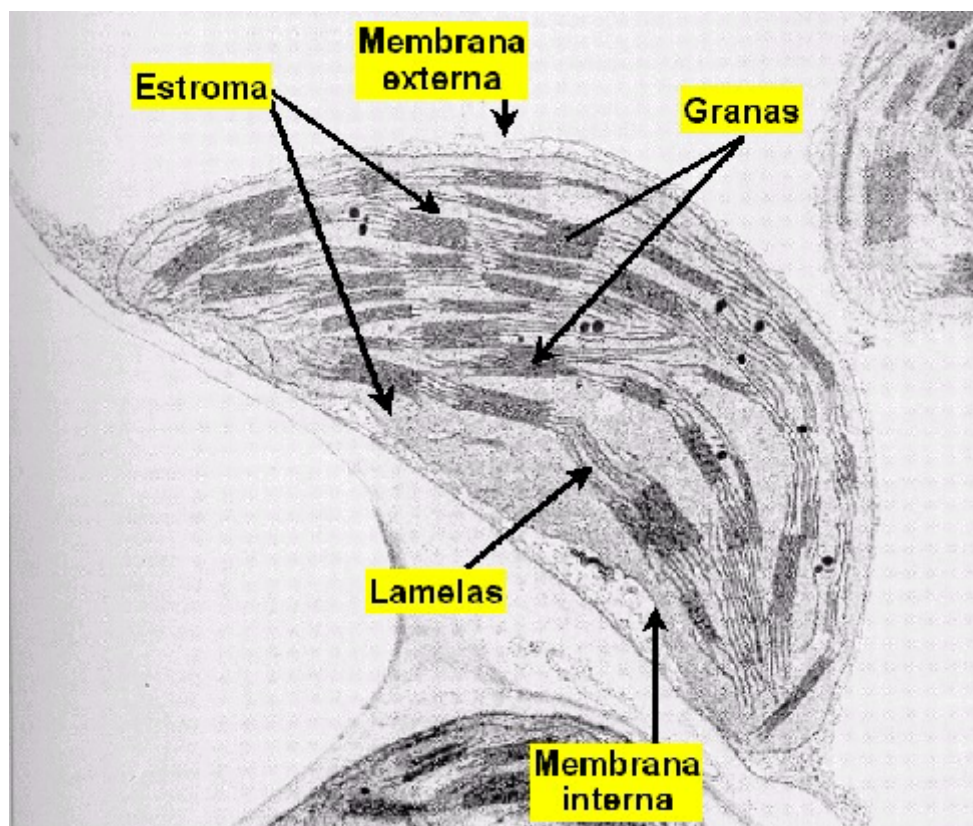
- Aparecen en células vegetales fotosintéticas.
- Son móviles y buscan la parte de la célula donde incide la luz.

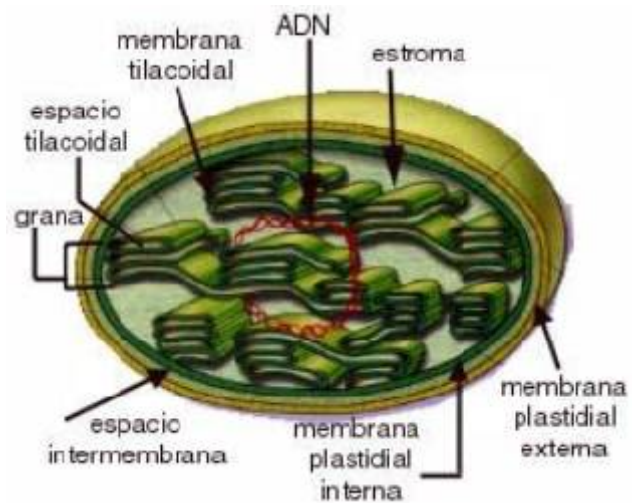
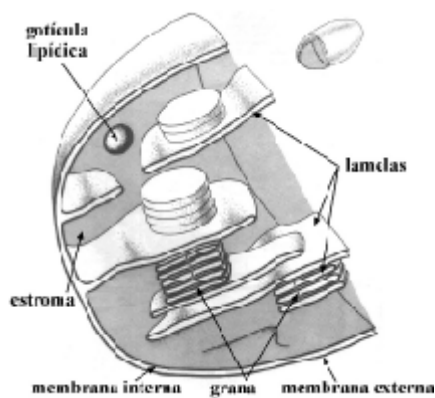
- En plantas superiores son ovoides y aparecen entre 20 y 40 por célula.
- En las algas presentan formas diversas y son menos numerosos. Muchas algas unicelulares tienen un solo cloroplasto.
- En su **estructura** distinguimos los siguientes componentes:
 - **Membrana externa.**
 - Formada por un 60% de lípidos y un 40% de proteínas.
 - Carece de clorofila.
 - Presenta unos canales llamados porinas que permiten la difusión libre de moléculas pequeñas.
 - Es por tanto muy permeable.
 - **Espacio intermembrana.**
 - **Membrana interna.**
 - Igual composición que la externa.
 - Contiene proteínas transportadoras muy específicas que permiten el paso de iones y metabolitos.
 - Es más impermeable.
 - Su invaginación forma el sistema interno de membranas. Tradicionalmente las lamelas se consideraban una prolongación de esta membrana. Actualmente la mayoría de los autores defienden que no hay conexión estructural con las membranas tilacoidales. Pag 160.
 - **Estroma.**
 - Contiene ADN y ribosomas plastídicos así como enzimas de replicación y expresión génica.
 - Acumula inclusiones de almidón, lípidos, fosfato, etc.
 - Contiene enzimas fotosintéticos que transforman el CO_2 en hidratos de carbono.
 - **Membrana tilacoidal.**
 - Presenta un 38% de lípidos, 50% de proteínas y 12% de pigmentos (clorofila y carotenoides).
 - Contiene, al igual que la membrana mitocondrial interna, proteínas transportadoras de electrones y ATP sintetasa.
 - Forma pequeños sáculos llamados tilacoides que se apilan en agrupaciones llamadas granas.
 - Los granas se conectan entre sí mediante lamelas.
 - En realidad todos los tilacoides están conectados formando un tercer compartimento continuo llamado lumen intratilacoidal.

- Sus funciones son realizar la fotosíntesis y generar energía metabólica aunque en menor cantidad que las mitocondrias.
- Los cloroplastos se desarrollan a partir de los protoplastos en presencia de la luz.

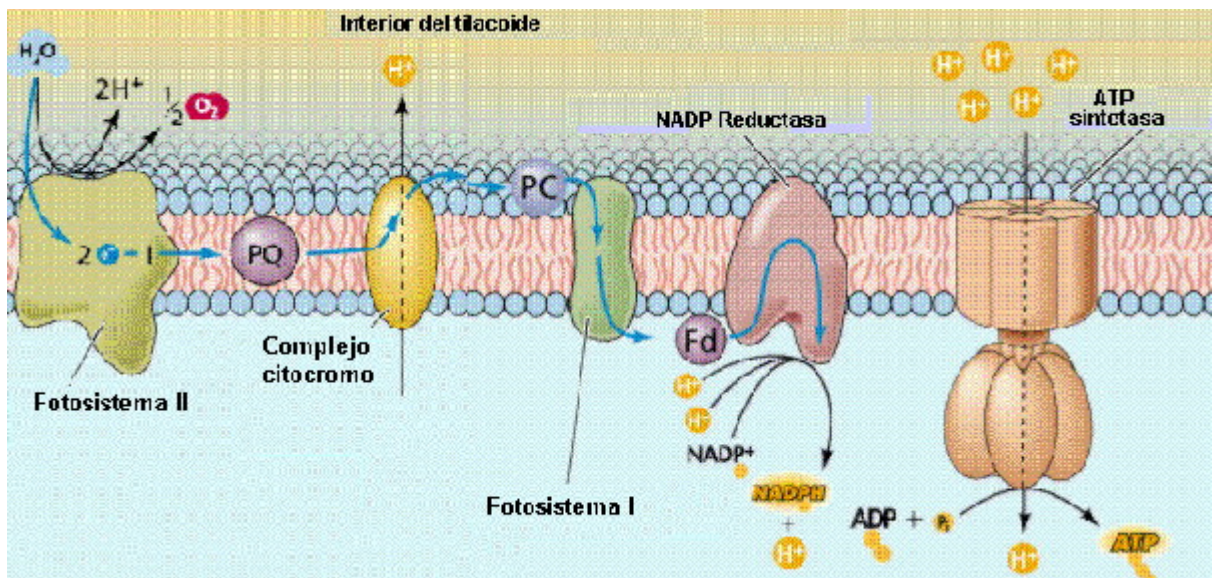


Situación y estructura de los cloroplastos. Microfotografía.





Origen de las lamelas y la membrana tilacoidal.



Estructura y función de la membrana tilacoidal.

4. El núcleo.

- Es el orgánulo principal de las células eucariotas.
- Contiene el material genético y en su interior se lleva a cabo la replicación del ADN y la síntesis del ARN.
- La mayoría de las células contienen un solo núcleo. Algunas poseen muchos como los osteoclastos o las fibras del músculo estriado y otras carecen de él como los eritrocitos.
- Puede estar en reposo, núcleo interfásico, o en división, núcleo mitótico.

4.1. Núcleo interfásico.

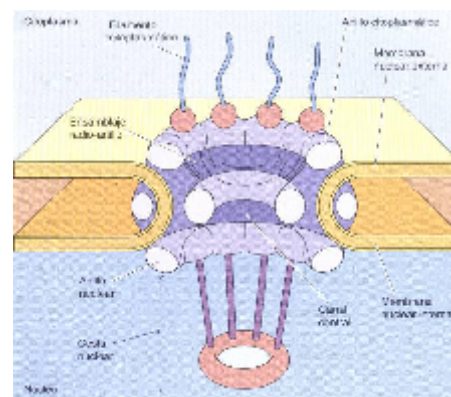
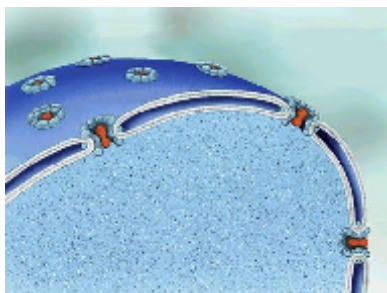
- En células animales suele estar en el centro. En las vegetales desplazado hacia la periferia por el tonoplasto.
- Su tamaño depende de la cantidad de ADN y su forma varía según el tipo celular y el momento del ciclo.
- En su **estructura** distinguimos los siguientes componentes:

- **Membrana nuclear.**

- Separa el núcleo del citoplasma.
- Constituida a su vez por dos membranas.
- La **externa** se continúa con la del RE y presenta ribosomas en su cara externa.
- El interior del RE y **espacio perinuclear**, situado entre las dos membranas, presentan continuidad.
- La **interna** posee hacia el interior una red de fibras proteicas llamada **lámina nuclear** (análoga al córtex celular) cuya función es dar soporte al núcleo y anclar la cromatina.

- **Poros nucleares.**

- Ambas membranas se unen en los poros nucleares.
- Cada poro presenta un gran **complejo de proteínas** que le permiten cerrarse o abrirse para permitir el paso de macromoléculas.
- En estado cerrado, el poro presenta **canales acuosos** por los que las moléculas pequeñas entran por difusión.
- Existe un **intercambio bidireccional** continuo, intenso y selectivo entre el núcleo y el citoplasma.
- A través de los poros salen el ARN y las subunidades ribosómicas, y entran todas las proteínas que actúan en el núcleo (polimerasas, histonas, proteínas reguladoras de genes, etc.).



Estructura y ubicación de los polos nucleares.

○ Nucleoplasma.

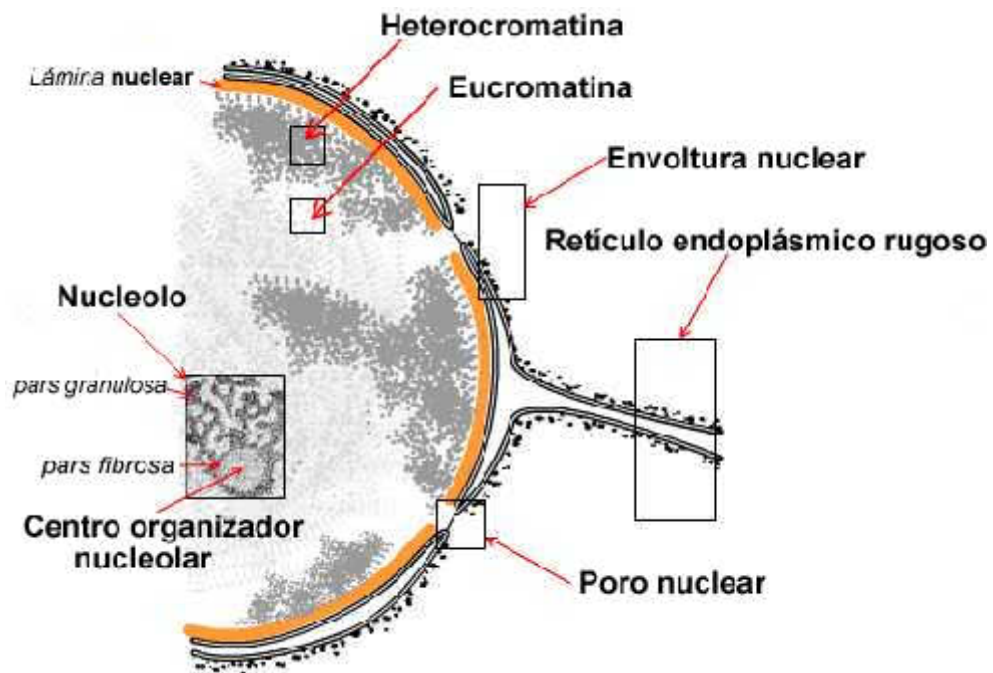
- Es el medio interno del núcleo y se forma por una disolución coloidal con fibras que otorgan soporte estructural.
- En él se encuentran:
 - La cromatina y el nucléolo.
 - Sistemas enzimáticos (replicación, transcripción...).
 - Ribonucleoproteínas que almacenan ARN.
 - Nucleótidos.
 - Iones K, Ca y Mg.

○ Cromatina.

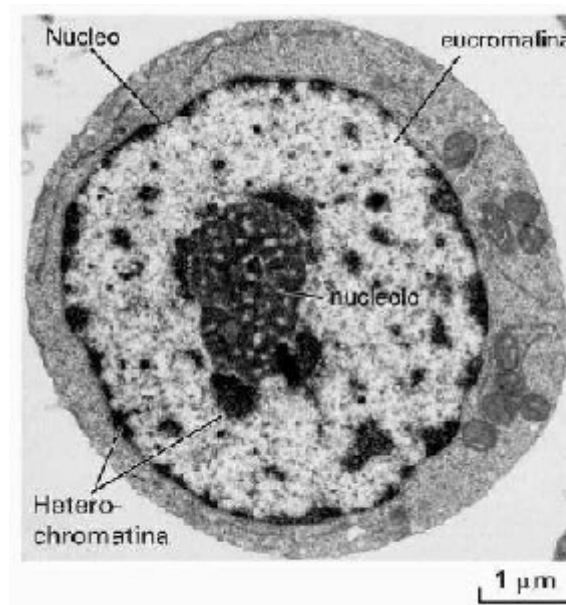
- Es el material genético del núcleo interfásico que aparece en forma de grumos y fibrillas.
- Está formada por ADN asociado mayoritariamente a histonas y en menor cantidad a otros tipos proteicos.
- Esta asociación produce una compactación o empaquetamiento que ya estudiamos en el tema 5. (doble hélice – nucleosoma + H1 – collar de perlas - solenoide – bucle – rosetón – cromosomas).
- El nivel de empaquetamiento de la cromatina activa se corresponde con el solenoide o fibra de 30 nm.
- El ADN se compacta más en unas zonas que en otra pues los genes que han de transcribirse deben quedar accesibles a las enzimas.
- Existen dos tipos de cromatina:
 - **Heterocromatina.** Más condensada e inactiva. Aparece muy teñida y supone un 10%.
 - **Eucromatina.** Más extendida y activa. Muy abundante durante la interfase.

○ Nucléolo.

- Estructura esférica que carece de membrana limitante.
- Al ME aparece como una acumulación de gránulos y pequeñas fibras.
- Suele haber uno o dos por núcleo y su tamaño depende de la actividad celular.
- Se sitúa cerca de ciertas áreas cromosómicas llamadas regiones organizadoras del nucléolo que se transcriben para formar el ARNr.
- Su función es formar ARNr y las subunidades de los ribosomas.



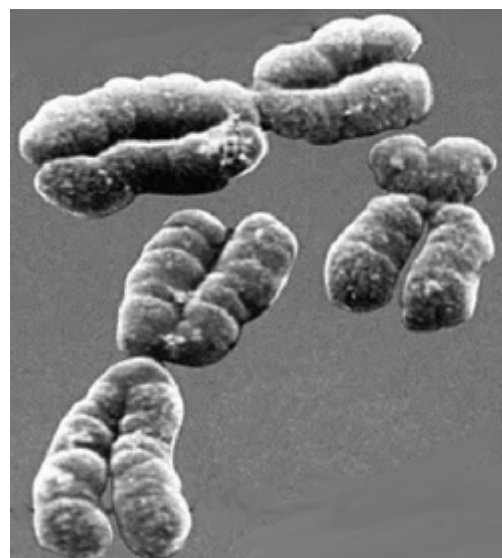
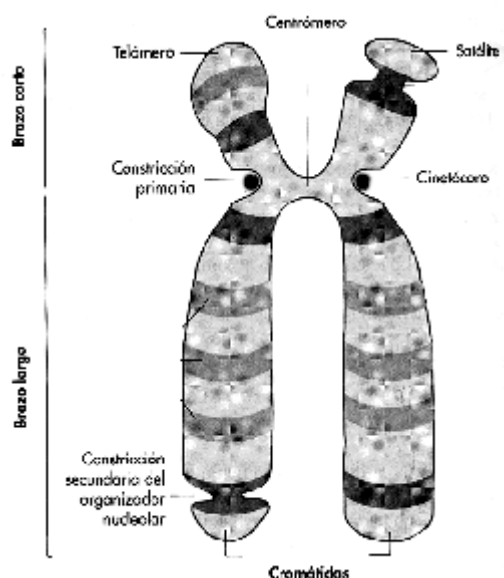
Estructura del núcleo interfásico. Esquema y microfotografía al ME.



4.2. Núcleo en división.

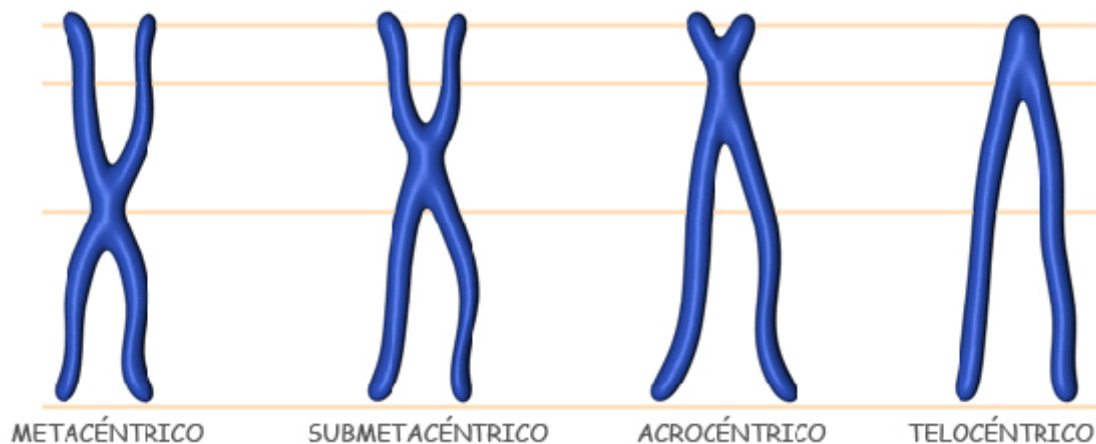
- Durante la mitosis es necesario repartir el material genético que previamente se ha duplicado.
- Para ello se produce la desorganización del núcleo y la cromatina se condensa en niveles de empaquetamiento superior formando **cromosomas**.
- El nucléolo desaparece y la membrana nuclear se desintegra por lo que el contenido nuclear se funde con el citoplasma.

- Al final de la mitosis se produce el proceso inverso. Los cromosomas se desespiralizan y las nuevas membranas nucleares se disponen alrededor de cada juego de cromosomas hijo.
- Al iniciarse la mitosis, en metafase, los cromosomas están formados por dos cromátidas (molécula de ADN original y su copia), por lo que en metafase el cromosoma presenta la característica forma de X.
- En su **estructura** distinguimos lo siguiente:
 - **Cromátidas**. Mitades longitudinales simétricas, paralelas e iguales.
 - **Centrómero**. Constricción primaria que une las cromátidas hermanas y divide al cromosoma en dos fragmentos o brazos.
 - **Brazos**. Porciones de igual o distinta longitud diferenciadas por el centrómero.
 - **Cinetocoros**. Discos proteicos donde se anclan los filamentos del huso mitótico.
 - **Satélite**. No aparece siempre. Porción esférica situada en un extremo y separada por una constricción secundaria.
 - **Telómeros**. Extremos del cromosoma.
 - **Bandas**. Aparecen al teñirse el cromosoma con mayor o menor intensidad. El patrón de bandas:
 - Es característico de cada cromosoma e idéntico al de su homólogo.
 - Permite identificar, diferenciar y ordenar por parejas la dotación cromosómica de una célula.
 - Las alteraciones permiten detectar anomalías y mutaciones cromosómicas.



Componentes de un cromosoma. Microfotografía.

- Según la posición del centrómero se distinguen cuatro tipos de cromosomas:
 - **Metacéntrico**. Los brazos tienen la misma longitud.
 - **Submetacéntrico**. Un brazo algo más corto (menos que la mitad).
 - **Acrocéntrico**. Con un brazo muy corto.
 - **Telocéntrico**. Sólo presenta un brazo.



Tipos de cromosomas

- La ordenación artificial de los cromosomas por parejas y ordenados por tamaños se denomina cariotipo y es característico de cada especie.
- Así se observa que los cromosomas son iguales dos a dos. Los cromosomas homólogos morfológicamente son exactamente iguales, poseen los mismos genes pero pueden presentar alelos distintos para cada tipo de gen.
- Todas las células de un individuo, excepto las reproductoras, y todos los individuos de una misma especie se caracterizan por poseer el mismo número de cromosomas.
- La mayoría de los seres vivos presentan en sus células somáticas un número diploide de cromosomas, representado por $2n$. Un juego cromosómico es de origen paterno y el otro de origen materno.
- Las células reproductoras, en cambio, son haploides, es decir, contienen un sólo juego de cromosomas, para que al realizarse la fecundación se origine un nuevo individuo diploide con el mismo número de cromosomas que los progenitores.
- La especie humana posee 46 cromosomas, diferenciados en 44 autosomas y 2 cromosomas sexuales (XX en las mujeres y XY en los hombres).
- El cromosoma Y es mucho más pequeño que el cromosoma X.
- Ni el número de cromosomas ni la cantidad de ADN son representativos del grado de complejidad de una especie. El guisante, por ejemplo, contiene diez veces más ADN que el hombre.